

# UJI KESESUAIAN KARAKTER PIPA PADA MODEL JARINGAN PIPA

Sunardi Widjojo JB.<sup>1)</sup>, Subratayati AMF.<sup>2)</sup>

<sup>1) 2)</sup>Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Jurusan T.Sipil Universitas Sebelas Maret, Jl.Ir. Sutami No. 36 A Surakarta,  
57126. Email: [sunardi57772@yahoo.com](mailto:sunardi57772@yahoo.com),

Email: [subratayati@yahoo.co.id](mailto:subratayati@yahoo.co.id)

## Abstrak

Dalam sistem distribusi air bersih, dijumpai sistem jaringan pipa yang cukup rumit, dan untuk mengetahui besaran aliran, kehilangan tenaga yang terjadi, serta faktor kekasaran pipa, akan menjadi sulit dan hasil analisis menjadi kurang akurat. Oleh karena itu perlu pendekatan dalam penyelesaian persoalannya, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan pembuatan suatu model jaringan pipa. Penelitian ini membuat 3 buah model jaringan pipa dengan pipa pvc dan diameter pipa D = 0,50 inci. Selanjutnya untuk uji model dilakukan perubahan besaran debit sebanyak 5 kali pada setiap model. Metode penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium, dengan analisis data menggunakan cara Hardy Cross, Hazen William dan Blasius. Karakter pipa digambarkan dalam bentuk hubungan antara faktor kekasaran pipa dengan kecepatan aliran, serta hubungan antara kehilangan tenaga dan kecepatan alirannya. Hubungan tersebut dinyatakan dalam suatu grafik persamaan regresi dengan program Exsel. Hasil uji kesesuaian karakter pipa menunjukkan bahwa hasil pengukuran cukup baik, dan hasil analisis sesuai Hazen William dan Blasius sangat baik, serta mempunyai kecenderungan/ tren sama untuk semua cara.

**Kata kunci:** debit aliran, faktor kekasaran, karakter pipa, kehilangan tenaga, model jaringan pipa.

## Abstract

*In clean water distribution system, there is any complicated pipe net system and to know the discharge flow, energy losses and the factor of pipe roughness that will be difficult and less accuracy. Therefore, the approach in solving in the problem is by making a certain model of pipe net, this research made 3 models of pipe nets with pvc pipe and pipe with diameter 0,50 inch as the material. Afterward, the model test was done by 5 times changing the quantity flow in each model. The method in this research is laboratory experiment method by data analysis using Hardy Cross, Hazen William and Blasius. The pipe character was described in form of roughness coefficient and the relation between head losses and the velocity. Those relations are stated in the graphic head losses and the Excel program. The result of concord in the pipe character shows that the result of measuring is good enough and the result of analysis is proper with Hazen William and Blasius are very well and have an equal trend for all way.*

**Keyword:** discharge, head losses, model of pipe net, pipe character, roughness factor.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih masyarakat di daerah perkotaan sebagian besar akan diyalani oleh PDAM, dengan memasang serangkaian pipa. Didalam sistem pemipaan ini kita kenal hubungan pipa sistem seri, paralel, dan bercabang serta jaring jaring pipa. Sistem pipa pendistribusian ini merupakan bagian yang memerlukan cukup banyak biaya. Untuk mencapai efisiensi yang tinggi dan tingkat harga yang murah perlu adanya perencanaan yang matang dan teliti sehingga kehilangan tenaga dalam aliran dapat diusahakan sekecil mungkin, dan besaran aliran dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Sistem pipa distribusi yang ada biasanya begitu rumit sehingga perhitungan besaran aliran, kehilangan tenaga dan kekasaran pipa juga sedemikian sulit, sehingga perlu dibuat model suatu jaringan pipa dan perlu uji laboratorium untuk mengetahui karakter pipa.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakter suatu pipa dengan mencari besaran koefisien kekasaran pipa dari bahan pipa tertentu (pipa pvc. dll.) sesuai perubahan kecepatan alirannya. Permasalahan kajian ini adalah: bagaimana kesesuaian karakter pipa pada model jaringan pipa antara hasil pengukuran dan analisis sesuai Hardy Cross (HC), Blasius (BL), dan Hazen William?. Karakter suatu pipa digambarkan dalam hubungan besaran kekasaran pipa ( $f$ ), kehilangan tenaga dalam pipa ( $h_f$ ) dan kecepatan alirannya ( $v$ ). Sedang tingkat kesesuaian karakter pipa dibandingkan dengan cara Hardy Cross.

Aliran zat cair didalam pipa dapat terjadi suatu tekanan positif maupun negatif. Sepanjang aliran tersebut akan terjadi kehilangan tenaga primer (major losses) dan kehilangan tenaga sekunder (minor losses) pada tempat tertentu [1]. Banyak faktor yang berpengaruh pada aliran zat cair didalam pipa antara lain kekasaran pipa, kekentalan zat cair, rapat masa, suhu dll. [2]. Kecepatan fluida dalam

pipa dapat dihitung dengan rumus antara lain: Robert Manning, Hazen William , Blasius dan lain lain. Sesuai penelitian Liou (1998) terkait persamaan Hazen William: bahwa harga kecepatan tergantung konstanta C yang harganya boleh tidak konstant karena dipengaruhi diameter pipa dan kemiringan garis energi [3]. Sesuai kajian Himawanto DA (2004), dengan judul Efek Variasi Viskositas Cairan terhadap Karakteristik Aliran dalam Pipa lurus horisontal diperoleh hasil bahwa fluida dengan viskositas lebih tinggi mempunyai fungsi penurunan tekanan lebih besar pada alirannya [4]. Rumus yang dipakai dalam analisis ini antara lain:

$$Re = VD/v \tag{1}$$

Keterangan :

Re = angka Reynold,

V = kecepatan aliran (m/dt),

v =kekentalan kinematik zat cair (m<sup>2</sup>/dt).

Kehilangan energi sesuai Darcy Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \tag{2}$$

Keterangan :

h<sub>f</sub> = kehilangan tenaga (m),

f = koefisien kekasaran pipa,

L = panjang pipa (m) ,

D = diameter pipa (m),

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>).

Harga f untuk aliran turbulen:

$$f = \frac{0,316}{Re^{1/4}} \tag{3}$$

Sesuai Hazen William besaran kecepatan dinyatakan sbb.:

$$V = 0,354.C_H I^{0,54} D^{0,63} \tag{4}$$

Keterangan :

C<sub>H</sub> = koefisien kekasaran pipa sesuai Hazen William

I = kemiringan garis tenaga.

Sesuai Blasius:  $V = 76 D^{5/7} I^{4/7}$  \tag{5}

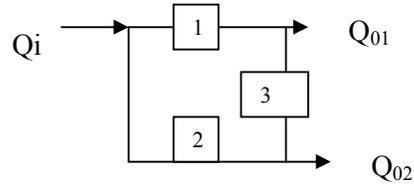
dengan  $I = 0,316 \left(\frac{v}{VD}\right)^{0,25} \frac{V^2}{2g}$  \tag{6}

Besaran aliran pada pipa sesuai Hardy Cross didapat dengan iterasi aliran pada masing masing jaringan tertutup dan harus memenuhi persamaan kontinuitas dan hukum kekekalan tenaga.

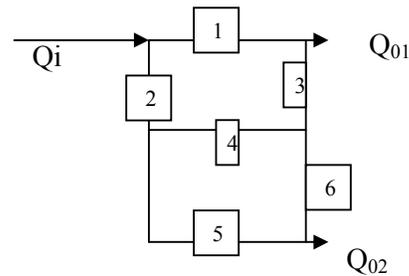
## 2. METODE

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan model jaringan pipa pvc diameter D = 0,50 inchi, sedang banyaknya model dibatasi 3 buah (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>). Selain variasi model jaringan pipa,

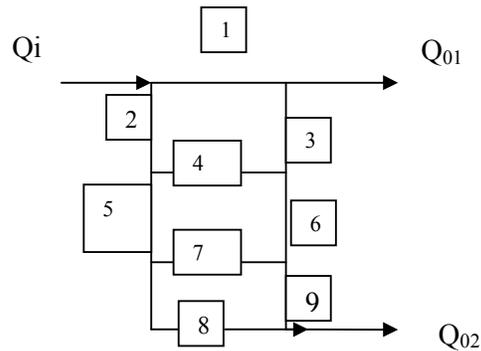
diperlakukan variasi besaran debit masuk (Q<sub>i</sub>) pada jaringan tsb. Setiap model akan diuji dengan 5 kali percobaan ( P<sub>1</sub> s/d P<sub>5</sub> ). Alat uji selain model jaringan pipa diperlukan: pompa air, manometer, stop watch, bak tandon air, dan alat pendukung lainnya. Gambar model jaringan pipa adalah sbb.:



Gambar 1. Model M<sub>1</sub>



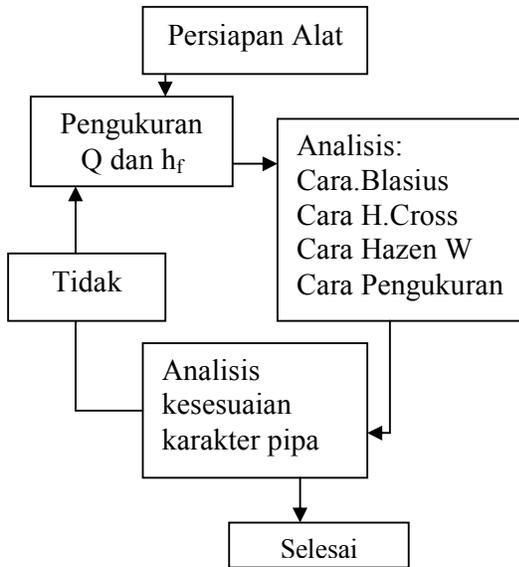
Gambar 2. Model M<sub>2</sub>



Gambar 3. Model M<sub>3</sub>

Kalibrasi model: Sebelum dilaksanakan uji model maka perlu melakukan uji peralatan yang ada khususnya pompa air yang mensuplai besaran debit masuk (Q<sub>i</sub>) jaringan pipa, agar dapat ditentukan besaran faktor kalibrasi, dengan memenuhi rumus kontinuitas sehingga debit masuk harus sama debit keluar (Q<sub>01</sub>+Q<sub>02</sub>) sistem jaringan pipa. Kegiatan penelitian ini secara garis besar dapat digambarkan seperti bagan alir pada gambar 4.

Analisis data dilakukan terhadap besaran harga f dan h<sub>f</sub> yang terukur akan dibandingkan dengan cara analitis Hardy Cross, Hazen William dan Blasius. Hubungan besaran tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan regresi dan dapat digambarkan sesuai grafik hubungan f dan V atau h<sub>f</sub> dan V.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan variasi debit masuk pada percobaan P1 sampai P5 dengan besaran antara 0,290 l/dt sampai 0,483 l/dt. Hasil kalibrasi pompa air adalah berupa faktor kalibrasi sebesar 100,55 %. Besaran harga f dari pengukuran dan cara yang lain adalah sebagai berikut: cara pengukuran  $f_{(uk)} = 146,6 \cdot 10^{-4}$  sampai  $211,6 \cdot 10^{-4}$  , cara Blasius  $f_{(BL)} = 263,3 \cdot 10^{-4}$  sampai  $287,7 \cdot 10^{-4}$  , cara Hazen William  $f_{(HZ)} = 313,4 \cdot 10^{-4}$  sampai  $330,3 \cdot 10^{-4}$  dan cara Hardy Cross (HC) =  $290,0 \cdot 10^{-4}$  sampai  $310 \cdot 10^{-4}$  .

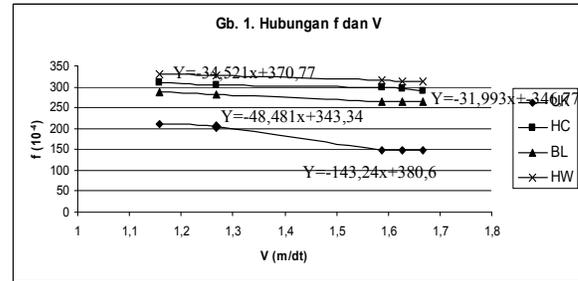
Besaran penyimpangan untuk menentukan tingkat kesesuaian adalah sbb.:  $r_{(HW)} = 6,55\%$  sampai  $8,06\%$  dengan tingkat kesesuaian baik sekali,  $r_{(BL)} = 7,13\%$  sampai  $9,02\%$  dengan tingkat kesesuaian baik sekali,  $r_{(uk)} = 31,74\%$  sampai  $49,44\%$  dengan tingkat kesesuaian cukup baik.

Hubungan besaran f dan hf berbagai cara dapat dinyatakan sesuai Tabel 1. Dari hasil tersebut diatas dapat digambarkan grafik hubungan f dan V juga hubungan hf dan V sesuai persamaan regresinya dan dinyatakan dalam gambar 5 dan 6.

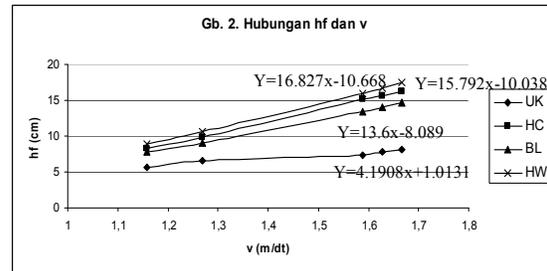
Perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya, sesuai kajian Himawanto DA: bahwa besaran kehilangan tenaga pada aliran dipengaruhi oleh variasi viskositas zat alirnya, sedangkan pada penelitian ini besaran kehilangan tenaga dipengaruhi koefisien kekasaran bahan pipa dan demensinya.

Tabel 1. Harga f dan hf berbagai cara

Cara	Percobaan	P1	P2	P3	P4	P5
V	(m/dt)	1,158	1,269	1,589	1,627	1,667
Uk	$f_{uk} \cdot 10^{-4}$	211,600	204,100	146,900	146,700	146,600
	$h_{fuk}$ (cm)	5,700	6,600	7,400	7,800	8,200
HC	$f_{HC} \cdot 10^{-4}$	310,000	305,000	300,000	295,000	290,000
	$h_{fHC}$ (cm)	8,340	9,860	15,170	15,690	16,190
BL	$f_{BL} \cdot 10^{-4}$	287,700	281,300	265,800	264,200	263,300
	$h_{fBL}$ (cm)	7,740	9,090	13,400	14,040	14,700
HW	$f_{HW} \cdot 10^{-4}$	330,300	327,600	316,200	314,000	313,400
	$h_{fHW}$ (cm)	8,900	10,600	15,990	16,690	17,490



Gambar 5. Hubungan f dan V



Gambar 6. Hubungan hf dan V

Semakin besar kecepatan aliran semakin kecil koefisien kekasarannya pada jenis pipa pvc (periksa Gambar 5 hubungan f dan V).

### 4. SIMPULAN

Besaran debit pada model antara 0,290 l/dt sampai 0,483 l/dt, pada model jaringan pipa dengan bahan pvc diameter 0,50 inchi didapat hasil:

1. karakter pipa dinyatakan dalam hubungan besaran f dan V serta hubungan hf dan V sesuai grafik 1 dan grafik 2.
2. Hubungan f dan V serta hf dan V dari keempat cara yang ada menunjukkan tren yang sama.
3. Tingkat kesesuaian karakter pipa didapatkan bahwa cara Blasius dan Hazen William hasilnya baik sekali, dan cara pengukuran hasilnya cukup baik.
4. Sesuai hasil uji untuk pipa pvc, semakin besar kecepatan aliran semakin kecil koefisien kekasarannya.

Hasil uji laboratorium ini mempunyai nilai kontribusi kepada para praktisi, atas besaran kekasaran pipa pvc untuk acuan perencanaan jaringan pipa air bersih dan pekerjaan lainnya.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar besarnya disampaikan kepada pengelola laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, Ir Agus Hari Wahyudi dkk. yang telah memberi fasilitas sepenuhnya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan lancar.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Triatmodjo B, 1998. “Mekanika Fluida dan Hidrolika I, II”. Beta offset. Yogyakarta.
- [2] Djarwanti, Noegroho, 1990. “Hidrolika Aliran Dalam Pipa”. UNS Press. Surakarta.
- [3] Liou C.P.,1998. “Limitation and Proper Use of Hazen William Equation”. *Jurnal of Hydraulic Engineering*. September 1998 Volume 124 No.9.
- [4] Himawanto, DA., 2004. “Efek Variasi Viskositas Cairan Terhadap Karakteristik Aliran Dalam Pipa Lurus Horisontal”. *Jurnal Gema Teknik I/ VII*, Januari 2004, Surakarta.